

УДК 616.831–005.4+616.24–008.444+616.28–008.5
EDN: RGKEIC
<https://doi.org/10.15275/ssmj2102173>

Оригинальная статья

ВЛИЯНИЕ СИНДРОМА ОБСТРУКТИВНОГО АПНОЭ СНА НА ПОСТУРАЛЬНУЮ УСТОЙЧИВОСТЬ У БОЛЬНЫХ ХРОНИЧЕСКОЙ ИШЕМИЕЙ ГОЛОВНОГО МОЗГА

А. А. Пунина, Н. П. Грибова

ФГБОУ ВО «Смоленский государственный медицинский университет» Минздрава России, Смоленск, Россия

IMPACT OF OBSTRUCTIVE SLEEP APNEA SYNDROME ON POSTURAL STABILITY IN PATIENTS WITH CHRONIC CEREBRAL ISCHEMIA

A. A. Punina, N. P. Gribova

Smolensk State Medical University, Smolensk, Russia

Для цитирования: Пунина А.А., Грибова Н.П. Влияние синдрома обструктивного апноэ сна на постуральную устойчивость у больных хронической ишемией головного мозга. Саратовский научно-медицинский журнал. 2025; 21 (2): 173–179. EDN: RGKEIC. <https://doi.org/10.15275/ssmj2102173>

Аннотация. Цель: анализ параметров баланса в основной стойке по данным стабилметрического исследования у больных хронической ишемией головного мозга (ХИГМ) с последующей оценкой вклада синдрома обструктивного апноэ сна средней и тяжелой степеней в нарушение регуляции постуральной устойчивости. **Материал и методы.** Обследованы 94 пациента с диагнозом ХИГМ 1–2-й степени. Проведено стабилметрическое исследование и кардиореспираторный мониторинг с оценкой индекса апноэ/гипопноэ (АНИ). Были выделены 2 группы: 1-я группа — пациенты с ХИГМ и АНИ<15 ($n=44$), 2-я группа — больные ХИГМ и АНИ≥15 ($n=50$). Оценку баланса в основной стойке проводили на программно-диагностическом комплексе «МБН-Стабило» (ООО НМФ «МБН», Россия). **Результаты.** Основная стойка больных ХИГМ асимметрична во фронтальной плоскости со смещением центра давления (ЦД) вперед. Во 2-й группе отмечалось более выраженное смещение ЦД вперед ($p=0,004$), большая площадь ($p=0,03$), амплитуда ($p=0,001$) и скорость колебаний ЦД ($p<0,001$). Отмечена положительная корреляция между АНИ и смещением ЦД вперед ($rs=0,44$; $p=0,02$). **Заключение.** У пациентов с ХИГМ выявлены нарушения равновесия в основной стойке: смещение ЦД вперед, нестабильность в сагиттальной плоскости. При наличии синдрома обструктивного апноэ сна с АНИ≥15 смещение ЦД вперед более выражено и сопровождается увеличением амплитуды, скорости и площади его колебаний.

Ключевые слова: постуральная устойчивость, стабилметрия, хроническая ишемия головного мозга, синдром обструктивного апноэ сна

For citation: Punina AA, Gribova NP. Impact of obstructive sleep apnea syndrome on postural stability in patients with chronic cerebral ischemia. *Saratov Journal of Medical Scientific Research*. 2025; 21 (2): 173–179. (In Russ.) EDN: RGKEIC. <https://doi.org/10.15275/ssmj2102173>

Abstract. *Objective:* to analyze postural balance parameters in the quiet standing position in patients with chronic cerebral ischemia (CCI) using stabilometric assessment and to evaluate the impact of moderate to severe obstructive sleep apnea syndrome on postural control regulation. *Material and methods.* Ninety-four patients diagnosed with CCI stage 1–2 were examined. All participants underwent stabilometric testing and cardiorespiratory monitoring with calculation of the apnea — hypopnea index (AHI). Patients were divided into two groups: Group 1 — CCI with AHI<15 ($n=44$); Group 2 — CCI with AHI≥15 ($n=50$). Balance assessment in quiet standing was performed using the MBN-Stabilo system (MBN, Russia). *Results.* In patients with CCI, the quiet standing posture was characterized by asymmetry in the frontal plane and an anterior shift of the center of pressure (CoP). In Group 2, this forward displacement was more pronounced ($p=0.004$) and accompanied by significantly greater CoP sway area ($p=0.03$), amplitude ($p=0.001$), and velocity ($p<0.001$). A positive correlation was observed between AHI and anterior CoP displacement ($rs=0.44$; $p=0.02$). *Conclusion.* Patients with CCI exhibit postural instability in quiet standing, including anterior CoP displacement and instability in the sagittal plane. The presence of obstructive sleep apnea syndrome with AHI≥15 is associated with more pronounced forward CoP shift and increased amplitude, velocity, and area of postural sway.

Keywords: postural stability, stabilometry, chronic cerebral ischemia, obstructive sleep apnea syndrome

Введение. Хроническая ишемия (ХИГМ) головного мозга (ГМ) — одно из наиболее распространенных заболеваний в клинической неврологии, в том числе

у лиц трудоспособного возраста [1]. Частыми жалобами пациентов с ХИГМ являются жалобы на нарушение равновесия, головокружение, неустойчивость, которые не находят объяснения при отоневрологическом обследовании. Нарушения поддержания вертикальной позы (спокойного стояния), ходьбы,

Ответственный автор — Анна Александровна Пунина
Corresponding author — Anna A. Punina
E-mail: apunina@mail.ru

постуральная неустойчивость могут появляться уже на ранних стадиях развития заболевания [2].

Постуральный контроль человека становится объектом множества исследований, в большей степени основанных на анализе законов биомеханики регуляции позы [3]. Понятие «постуральный баланс» определяется как способность управлять и поддерживать свой общий центр массы тела в пределах базы опоры с целью предотвращения потери равновесия и предупреждения падения в статическом и динамическом положениях [4]. Баланс в основной стойке — это активный подсознательный процесс, осуществляемый с участием многих функциональных систем организма: центральной (ЦНС) нервной системы (НС), периферической НС, вестибулярной, опорно-двигательной и зрительной систем [4, 5]. В настоящее время единственным объективным диагностическим инструментом, позволяющим оценить устойчивость вертикальной позы, является метод компьютерной стабилотрии, заключающийся в регистрации координат центра давления (ЦД) на плоскость опоры [5].

Существует ряд исследований, посвященных оценке устойчивости у пациентов с ХИГМ с помощью стабилотрического исследования [6–8]. Ряд работ описывает вклад когнитивного снижения у пациентов с ХИГМ в поддержании вертикальной позы [2], также оценивался вклад сопутствующих заболеваний в поддержание устойчивости, таких как атеросклеротическое поражение брахиоцефальных артерий [7], ишемической болезни сердца [8]. До сих пор не было исследований, посвященных оценке влияния дыхательных нарушений во сне, а именно синдрома обструктивного апноэ сна (СОАС), на постуральный контроль у пациентов с ХИГМ, хотя распространенность данного состояния среди населения в целом колеблется от 9 до 38% и увеличивается с возрастом [9]. Логично предположить, что хроническое гипоксическое состояние и частые ночные пробуждения, наблюдаемые при СОАС, должны приводить к прогрессированию ХИГМ и характерных для нее нарушений равновесия.

Цель — анализ параметров баланса в основной стойке по данным стабилотрического исследования у больных ХИГМ с последующей оценкой вклада СОАС средней и тяжелой степеней в нарушение регуляции постуральной устойчивости.

Материал и методы. В исследовании приняли участие 94 пациента с диагнозом ХИГМ 1–2-й степени (47 мужчин и 47 женщин). Возраст больных составил 50–78 лет. Исследование проводили на базе ОГБУЗ «Смоленская областная клиническая больница».

Критериями включения являлись установленный нами диагноз ХИГМ 1–2-й степени, подтвержденный с помощью магнитно-резонансной томографии ГМ — оценка выраженности лейкоареоза в соответствии с критериями Фазекаса (1987) — или мультиспиральной компьютерной томографии ГМ — расширение перивентрикулярных пространств, атеросклероз сосудов ГМ и наличие внешней заместительной гидроцефалии.

Критерии невключения:

соматические заболевания в фазе обострения (декомпенсация хронической сердечной недостаточности, сахарного диабета, обострение хронической обструктивной болезни легких — ХОБЛ, гипертонический криз, инфаркт миокарда и др.);

наличие в анамнезе острых нарушений мозгового кровообращения, операций на ГМ, черепно-мозговых

травм, тяжелых психических заболеваний (шизофрении, биполярного аффективного расстройства, тяжелого депрессивного эпизода, психозов различной этиологии), вестибулопатий;

нейродегенеративные заболевания ЦНС, деменция;

грубая патология опорно-двигательного аппарата (укорочение конечности, переломы нижней конечности, в том числе в анамнезе, протезирование суставов нижних конечностей, артрогрипоз, полиартрит и др.);

нервно-мышечные заболевания;

прием препаратов, воздействующих на дыхательный центр (кордиамина, ацетазоламида, антидепрессантов, транквилизаторов, нейролептиков, противокашлевых препаратов центрального действия и оказывающих существенное влияние на вестибулярную функцию — противосудорожных, антидепрессантов, транквилизаторов, нейролептиков, вестибулолитиков).

Всеми участниками исследования подписано информированное добровольное согласие на участие в исследовании. Проведенное исследование соответствует стандартам Хельсинкской декларации, одобрено локальным этическим комитетом ФГБОУ ВО «Смоленский государственный медицинский университет» Минздрава России (протокол №2 от 09.09.2023).

Для количественной оценки баланса в основной стойке использовали программно-диагностический комплекс «МБН-Стабило» (ООО НМФ «МБН», Россия). Каждому пациенту проводили 2 исследования, таких как основная стойка с открытыми глазами (ГО) и основная стойка с закрытыми глазами (ГЗ). Время записи для каждого теста составило 51,2 с. Такое время считается классическим для французской школы постурологов и выбрано с целью получения четного количества значений параметра с учетом частоты регистрации каждого датчика. Это дробное время используется в настоящий момент по причине наличия соответствующей нормативной базы [5].

В настоящее время нормативные значения параметров стабилотрии являются предметом дискуссии. Учитывая высокую вариабельность данных и многофакторное влияние индивидуальных параметров обследуемого на результаты стабилотрического исследования, ряд ученых придерживается мнения о том, что наиболее надежным подходом является внутрииндивидуальный анализ, то есть сравнение показателей одного и того же испытуемого в динамике [10]. В нашем исследовании мы приводим классические нормативные данные, полученные французским постурологическим обществом в 1985 г. — Normes 85, используемые до сих пор некоторыми исследователями [5] для понимания выраженности нарушения постуральных функций у больных ХИГМ.

Пациентам было дано указание сохранять максимально устойчивое вертикальное положение на платформе в основной стойке в течение 51,2 с для каждого теста. Для оценки постуральной устойчивости в основной стойке при ГО и ГЗ оценивались классические постурографические параметры: среднее положение ЦД относительно Y ($\sim Y$, мм), среднее положение ЦД относительно X ($\sim X$, мм), среднее квадратическое отклонение ЦД относительно Y — (D_y , мм), среднее квадратическое отклонение ЦД относительно X — (D_x , мм), скорость перемещения ЦД (V , мм/с), площадь статокинезиограммы (S , мм²),

основная частота колебаний по X (f_x , Гц), основная частота колебаний по Y (f_y , Гц), максимальная амплитуда колебаний ЦД относительно X ($X_{\max}$, мм), максимальная амплитуда колебаний ОЦД относительно Y ($Y_{\max}$, мм), коэффициент LFS .

С целью оценки степени дыхательных нарушений во сне всем пациентам проведено ночное кардиореспираторное мониторирование прибором SomnoCheck Micro Cardio [Loewenstein Medical (Weinmann), Германия]. Для анализа данных использовалось программное обеспечение SOMNOlab v.19. Интересующими нас параметрами являлись индекс АНН, соб./ч (индекс апноэ/гипопноэ), который свидетельствует о количестве респираторных событий за 1 час сна (полных (апноэ) или частичных (гипопноэ) остановок дыхания); средняя сатурация в течение ночи (SpO_{2mean} , %). Степень тяжести СОАС устанавливается на основании индекса АНН ($АНН < 5$ — отсутствие СОАС, $5 \leq АНН < 15$ — легкая форма СОАС, $15 \leq АНН < 30$ — средняя степень тяжести СОАС, $АНН \geq 30$ — тяжелая степень СОАС).

Мы разделили пациентов на 2 группы на основании индекса АНН. Первую группу составили пациенты с ХИГМ и $АНН < 15$ ($n=44$), то есть без дыхательных нарушений во сне ($n=23$) или с легкой формой СОАС ($n=21$). Вторую группу составили пациенты с ХИГМ и $АНН \geq 15$, то есть среднетяжелым СОАС ($n=50$). Из них среднюю степень тяжести СОАС имели 24 пациента, 26 — тяжелую).

Для статистической обработки данных применяли методы непараметрической статистики: U -критерий Манна — Уитни, критерий согласия Пирсона (χ^2), точный критерий Фишера. Использовали также коэффициент ранговой корреляции Спирмена. Уровень статистической значимости устанавливали на уровне 0,05. Доверительный интервал (ДИ) принимали равным 95%. Все данные представлены в виде Me

[ИКР], где Me — медиана, ИКР — интерквартильный размах.

Результаты. Представленные группы не различались по возрасту (медиана возраста в 1-й группе составила 58,5 [52,0–65,7] года, 58,0 [51,0–64,0] года — во 2-й, $U=1011$; $p=0,5$) и наличию сопутствующих заболеваний. Артериальной гипертензией страдали 100% пациентов обеих групп. Сахарный диабет встречался у 32% исследуемых 1-й группы, у 50% — 2-й группы ($\chi^2=3,2$; $p=0,07$). Ишемическая болезнь сердца была выявлена в 1-й группе у 50% пациентов и у 64% пациентов 2-й группы ($\chi^2=1,9$; $p=0,2$). ХОБЛ страдали 25% исследуемых 1-й группы, бронхиальной астмой (БА) — 20%. Во 2-й группе встречаемость ХОБЛ составила 22% ($\chi^2=0,1$; $p=0,7$), БА — 38% ($\chi^2=3,4$; $p=0,06$). Группы различались по полу (в 1-й группе мужчины составили 39%, во 2-й — 60%, $\chi^2=11,9$; $p<0,001$) и индексу массы тела (ИМТ): медиана ИМТ пациентов 1-й группы составила 30,1 [28,8–32,2] кг/м², 2-й группы — 38,3 [32,9–44,5] кг/м², $U=273$; $p<0,001$. Имелась также статистически значимая разница в показателях кардиореспираторного мониторирования, а именно индекса АНН, который составил 4,9 [3,8–9,4] соб./ч и 38,3 [20,7–65,4] соб./ч у больных 1-й и 2-й групп соответственно ($U=0$; $p<0,001$), и SpO_{2mean} : медиана сатурации в 1-й группе — 94,0 [92,8–94,0] %, во 2-й — 90,5 [87,0–93,0] % ($U=471,5$; $p<0,001$).

Значения параметров «среднее положение ЦД» по сагиттальной и фронтальной плоскостям ($\sim X$, $\sim Y$) исследуемых обеих групп представлены в табл. 1. Для каждого из рассматриваемых параметров абсолютного положения ЦД оценивалась разность значений координат по сравнению со здоровыми испытуемыми. Значения переднезадних (D_x , мм) и боковых девиаций (D_y , мм) ЦД относительно фиксированной базы опоры приведено в табл. 2. Проводили

Таблица 1

Значения параметров «среднее положение центра давления» по сагиттальной и фронтальной плоскостям исследуемых групп с вычислением разности значений координат

Параметр, Р, мм	Норма, N*	Группа		$\Delta (P_N - P_1)$	$\Delta (P_N - P_2)$
		1-я	2-я		
$\sim X_{ГО}$	1,1	1,7 [–5–5,2]	0,5 [–3,9–5]	–0,6 [–4–6]	–0,65 [–3,9–5]
$\sim X_{ГЗ}$	0,3	0,2 [–4,8–4,5]	0,4 [–4–5,6]	0,1 [–4,1–5,1]	–0,1 [–5,3–4,3]
$\sim Y_{ГО}$	–29,2	–1,4 [–25,1–19,3]	–17,4 [–21,5–15,3]	–7,8 [–9,9–4]	–11,9 [–13,9–7,7]
$\sim Y_{ГЗ}$	–27,5	–24,7 [–26,1–20,3]	–18,2 [–25,2–13,4]	–3,9 [–7,2–1,4]	–9,4 [–14,1–2,4]

Примечание. Здесь и далее в табл. 2: *нормативные данные, полученные Normes 85, представлены в виде среднего значения показателя.

Различия статистически значимы при $p<0,05$.

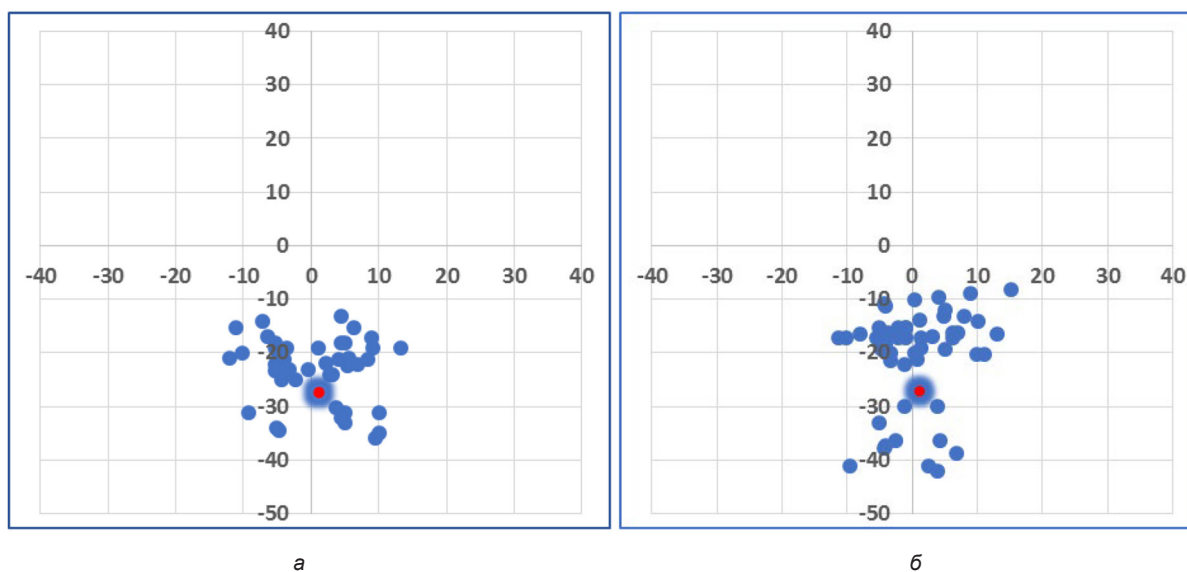
Таблица 2

Сравнение стабилметрических параметров, отражающих динамический компонент равновесия, у пациентов обеих групп

Параметр	Норма, N*		Группа		p
			1-я	2-я	
Скорость перемещения ОЦД (V), мм/с	ГО	10,6	11,2 [9,7–13,6]	17,6 [14,0–22,0]	$<0,001$
	ГЗ	11,5	14,7 [12,6–18,3]	22,2 [16,9–26,2]	$<0,001$
Площадь статокенизограммы (S), мм	ГО	99,5	80,8 [54,9–105,6]	101,3 [85,0–144,5]	0,03
	ГЗ	229	98,4 [69,6–153,2]	134 [98,7–186,2]	0,04

Параметр	Норма, N*		Группа		p
			1-я	2-я	
Среднеквадратическое отклонение ОЦД относительно X (Dx), мм	ГО	4,26	7,3 [5,2—9,0]	5,3 [3,8—7,3]	0,003
	ГЗ	7,56	9,0 [8,0—11,2]	8,1 [5,3—11,9]	0,1
Среднеквадратическое отклонение ОЦД относительно Y (Dy), мм	ГО	7,59	8,5 [7,0—10,1]	10,7 [8,0—15,3]	0,02
	ГЗ	15,7	16,4 [15,0—18,0]	17,3 [15,1—20,2]	0,07
Основная частота колебаний по X (fx), Гц	ГО	0,17	1,6 [1,3—1,8]	1,6 [1,2—1,8]	0,9
	ГЗ	0,21	1,6 [1,4—1,8]	1,6 [1,2—1,9]	0,5
Основная частота колебаний по Y (fy), Гц	ГО	0,13	1,6 [1,3—1,8]	1,6 [1,3—1,8]	0,4
	ГЗ	0,17	1,7 [1,4—1,9]	1,8 [1,4—1,9]	0,6
Максимальная амплитуда колебаний ОЦД относительно X (X_{max}), мм	ГО	7,59	13,2 [9,7—16,2]	18 [15,2—21,3]	<0,001
	ГЗ	15,7	17,3 [15,6—18,5]	19,3 [17,1—23,9]	0,001
Максимальная амплитуда колебаний ОЦД относительно Y (Y_{max}), мм	ГО	4,26	11,2 [6,5—14,6]	16,4 [10,4—21,1]	0,001
	ГЗ	7,56	12,2 [10,1—16,4]	19,1 [12,5—21,9]	0,002
LFS	ГО	1,014	3,9 [2,8—5,0]	4,3 [3,0—5,3]	0,2
	ГЗ	1,02	3,4 [2,6—4,6]	4,2 [2,8—5,2]	0,09

Примечание. Статистический анализ проведен с использованием следующих критериев: Манна — Уитни; Пирсона; Фишера.



Положение центра давления исследуемых групп в системе координат в европейской стойке с открытыми глазами (время исследования — 51,2 с):

а — центр давления пациентов 1-й группы ($n=44$); б — центр давления пациентов 2-й группы ($n=55$). Красной точкой (со свечением) отмечено нормальное положение центра давления

сравнительный анализ данного параметра между пациентами 1-й и 2-й групп.

При расчете координат ЦД у пациентов обеих групп были выявлены отклонения ЦД по сагиттальной и фронтальной плоскостям с тенденцией к смещению ЦД вперед, но без четкой латерализации во фронтальной плоскости. Графически координаты ЦД исследуемых обеих групп и координаты ЦД здорового человека, определенного на основании нормативных показателей, представлены на рисунке.

Имелись статистически значимые различия в значении координат положения ЦД по сагиттальной составляющей ($\sim Y$) между пациентами 1-й и 2-й групп

(для ГО $U=723$; $p=0,004$; для ГЗ $U=636$; $p<0,001$), причем с увеличением индекса АНН значения по оси Y во 2-й группе принимали большие значения, то есть ЦД отклонялся вперед ($n=50$, $rs=0,44$; $p=0,002$ для ГО, $rs=0,44$; $p=0,002$ — для ГЗ). Данный факт был выявлен в пробе как с открытыми, так и с закрытыми глазами. Группы не различались между собой по положению ЦД во фронтальной плоскости. Более того, среднеквадратическое отклонение ЦД относительно оси Y различалось в группах с увеличением значения параметра Y исследуемых с ХИГМ и среднетяжелым СОАС. Напротив, эти пациенты имели меньшие девиации ЦД в медиолатеральном направлении (Dx ,

мм), чем исследуемые 1-й группы. С учетом того, что наши группы различались по ИМТ, мы провели корреляционный анализ для выявления связи между ИМТ и стабильностью основной стойки, в результате которого выявлена умеренная обратная взаимосвязь между ИМТ и Dx ГО и обратная корреляция слабой силы между ИМТ и Dx ГЗ ($n=94$: $rs=-0,54$; $p=0,02$ и $rs=-0,20$; $p=0,04$ соответственно). Не выявлено корреляционной зависимости между ИМТ и Dy ГО, Dy ГЗ, однако имелась слабая положительная взаимосвязь между среднеквадратическим отклонением в сагиттальной плоскости и индексом АНН ($n=94$, $rs=0,26$; $p=0,02$ для ГО, $rs=0,24$; $p=0,02$ — для ГЗ).

При депривации зрения ЦД больных 1-й группы отклонялся кзади (ΔY ГЗ $=-1,6$ [-4 ; $0,7$]). Смещения ЦД кзади при закрытых глазах во 2-й группе выявлено не было (ΔY ГЗ $=-0,1$ [$-0,7$; $0,5$]), ΔY ГЗ статистически различалась в группах (ΔY ГЗ $=-1,1$ [$-0,8$; $2,1$], $U=633$; $p<0,001$). Взаимосвязи между возрастом и $\sim Y$ ГО, $\sim Y$ ГЗ не выявлено. Однако наблюдалась выраженная обратная корреляционная зависимость между $\sim Y$ ГО, $\sim Y$ ГЗ и средней ночной сатурацией ($rs=-0,5$ при $p<0,001$, $rs=-0,52$ при $p<0,001$ соответственно).

В результате оценки динамического компонента равновесия у наших больных (см. табл. 2) выявлено увеличение скорости ЦД относительно нормативных показателей у пациентов обеих групп как в пробе с ГО, так и с ГЗ, при чем скорость ЦД у пациентов с ХИГМ и среднетяжелым СОАС была достоверно больше, чем у пациентов 1-й группы.

В 1-й группе параметр площади статокинезиограммы в пробе с ГО превосходил нормативные значения у 30% пациентов ($n=13$) против 52% ($n=26$) — во 2-й группе. Параметр S ГЗ превышал верхнюю границу нормы у 4% пациентов ($n=2$) 1-й группы и у 16% больных ($n=7$) 2-й группы. Как мы видим из табл. 2, медиана площади в пробе с открытыми и закрытыми глазами находилась области пограничных значений в отличие от других показателей стабилотрии: скорости ЦД, амплитудно-частотных характеристик, координат ЦД. Медиана LFS превышала нормативный показатель в 3–4 раза у пациентов обеих групп без статистически значимой разницы при межгрупповом сравнении.

В результате спектрального анализа амплитудно-частотных характеристик обращает на себя внимание значительное увеличение основной частоты колебаний по осям X и Y относительно нормативных показателей в обеих группах без статистически значимой разницы при межгрупповом сравнении. Медианы максимальной амплитуды колебаний ЦД также превосходили нормативные значения, причем пациенты 2-й группы имели достоверно большие значения данного показателя по обоим направлениям.

Обсуждение. Первичным условием, оказывающим значительное воздействие на клинические признаки нестабильности основной стойки и большинство остальных параметров стабилотрии, является расположение ЦД в системе координат пациента. Абсолютная позиция ЦД — ключевой показатель, который отражает глобальные характеристики равновесия тела: смещение нагрузки в сагиттальной плоскости (среднее положение ЦД относительно Y ($\sim Y$, мм) и смещение ЦД во фронтальной плоскости (среднее положение ЦД относительно X ($\sim X$, мм) от нормального положения и их среднеквадратические отклонения (среднеквадратическое отклонение

ЦД относительно Y — Dy , мм; среднеквадратическое отклонение ЦД относительно X — Dx , мм) [5].

Учитывая постоянные колебания ЦД вокруг некоторой средней позиции, имеет смысл определять его среднее положение во время исследования. У здорового человека ЦД немного смещен назад, что приводит к отрицательным значениям всех координат ЦД по оси Y . Этот факт был отражен в исследовании на здоровых добровольцах от 17 до 68 лет, где отмечалось смещение ЦД назад у людей всех возрастов [11]. Авторы приходят к выводу о том, что напряжение задней группы мышц голени у здорового прямоходящего человека компенсаторно превосходит напряжение передней группы мышц голени в связи с тем фактом, что спереди от фронтальной плоскости, проведенной через центр тяжести, находится $\frac{2}{3}$ массы тела. Отклонение ЦД вперед у пациентов с ХИГМ, вероятнее всего, обусловлено хроническим сосудистым поражением моторной зоны коры ГМ и нисходящих кортикоспинальных трактов, что приводит к формированию типичного спастического синергичного паттерна: повышению тонуса мышц-сгибателей верхней конечности и мышц-разгибателей нижней конечности (передней группы голени) [12]. Клинически у наших больных отсутствовали парезы и параличи, но метод стабилотрии позволяет определять мельчайшие изменения в вертикальной позе человека и обладает высокой чувствительностью.

В норме положение ЦД по оси X находится в центре, что указывает на симметричную фронтальную стойку, при этом вес тела равномерно распределяется между конечностями в пропорции 50 на 50%. Это положение обеспечивает максимальные возможности поддержания равновесия. В таких случаях применяется способ поддержания равновесия посредством голенистой стратегии [5].

Наблюдаемая нами асимметрия основной стойки во фронтальной плоскости, по всей видимости, является следствием формирующегося пирамидного, или пирамидального, синдрома у пациентов с ХИГМ. Для данного синдрома характерно диффузное оживление сухожильных рефлексов, присутствие патологических рефлексов и анизорефлексия [13]. Рассеянная пирамидная симптоматика, характерная для данных пациентов, может приводить к формированию пирамидного синдрома, преобладающего в правых или левых конечностях, то есть асимметричного, в результате чего проекция ЦД смещается на «интактную» нижнюю конечность.

Выявленные нами различия в значениях координат ЦД и среднеквадратического отклонения ЦД по оси Y между 2 группами свидетельствуют о большем отклонении ЦД 2-й группы вперед и меньшей устойчивости этих пациентов в переднезаднем направлении. Напротив, эти пациенты оказывали более устойчивые во фронтальной плоскости. М. Rezaeirou и G. L. Arpanasenko в исследовании [14] при изучении влияния избыточной массы тела на постуральную устойчивость у лиц пожилого и среднего возрастов выявили следующую закономерность: повышенный ИМТ негативно сказывался на постуральной стабильности в сагиттальном направлении, но оказывал позитивное влияние во фронтальном, что, вероятно, связано с увеличением опоры в вертикальной позе. С учетом выявленной нами умеренной обратной корреляции между ИМТ и среднеквадратическим отклонением ЦД относительно оси X и положительной взаимосвязи между среднеквадратическим отклонением относительно Y и индексом АНН можно утверждать,

что баланс пациентов с ХИГМ и среднетяжелым СОАС является более стабильным во фронтальной плоскости в связи с повышенным ИМТ, в то время как нарастание количества остановок дыхания во сне приводит к дестабилизации в переднезаднем направлении. Этот факт может свидетельствовать о негативном влиянии интермиттирующей ночной гипоксии на центральные моторные зоны ГМ.

При депривации зрения ЦД больных 1-й группы отклонялся кзади, что свидетельствует о сохранности механизмов компенсации сохранения равновесия [15]. Компенсаторного смещения ЦД кзади при закрытых глазах во 2-й группе не выявлено. Так, на основании обследования 146 пациентов установлено, что при дисциркуляторной энцефалопатии у пациентов пожилого и старческого возрастов расстояние между реальным и «идеальным» ЦД увеличивается в среднем на 56% без компенсаторного смещения ЦД кзади [6]. Напротив, у лиц молодого и среднего возрастов с дисциркуляторной энцефалопатией ЦД отклонялся кзади. В нашем исследовании не обнаружено связи между возрастом и $\sim Y_{ГО}$, $\sim Y_{ГЗ}$, однако выявлено негативное влияние более низких показателей средней ночной сатурации на компенсаторные механизмы баланса при закрытых глазах.

Сохранение равновесия тела в вертикальном положении представляет собой динамический процесс. Тело стоящего человека иногда совершает почти незаметные, иногда достаточно видимые колебательные движения с определенной скоростью в различных направлениях. Эти движения представляются в угловой величине относительно вертикали, как определено ориентацией гипотетической линии, соединяющей центр тяжести с центром базы опоры. Характеристика колебаний: их амплитуда ($Y_{\max}$, мм и $X_{\max}$, мм), частота (f_x , Гц и f_y , Гц), скорость (V , мм/с) — являются чувствительными параметрами. Таким образом, для нормального баланса характерны колебания низкой частоты и малой амплитуды [5].

Увеличение скорости ЦД у пациентов с ХИГМ свидетельствует о снижении способности к поддержанию равновесия и усилению потока эфферентной информации из центров постурального контроля [16]. По всей видимости, у пациентов с ХИГМ имеется нарушение центральной регуляции баланса, что приводит к компенсаторному поддержанию устойчивости за счет мышечного компонента. Данная патологическая стратегия имеет большую выраженность при нарастании степени СОАС, то есть усилении ночных гипоксических явлений.

Считается, что у спокойно стоящего человека основные колебания находятся в среднем на частотах приблизительно 0,35 Гц. Наличие столь малых колебаний для здорового человека свидетельствует о том, что соответствующие им удлинения мышц и изменения углов отслеживаются с помощью биологических сенсоров для коррекции мышечных усилий с целью обеспечить максимальную устойчивость в вертикальной позе. Средние колебания в полосе 0,5–1,5 Гц, которые мы и наблюдали у наших пациентов с ХИГМ, в значительной степени характеризуют сокращения больших групп мышц и практически не подвержены сознательному контролю [17]. Таким образом, нарастание значений амплитудно-частотных характеристик колебаний ЦД в сагиттальной и фронтальной плоскостях свидетельствуют об уменьшении меры управления вертикального баланса со стороны ЦНС [18] у больных ХИГМ и включении рефлекторных компенсаторных реакций

удержания равновесия со стороны костно-мышечной системы. При чем у больных ХИГМ и среднетяжелым СОАС роль центральных механизмов в стабильности вертикальной позы снижается еще больше.

Клинически эффективность стратегии постуральной системы, как правило, оценивается по площади статокинезиограммы — способности постуральной системы поддерживать ЦД около его среднего положения. Перемещение ЦД в основной стойке в норме укладывается в площадь примерно 100 мм², то есть 1 см² [5]. Данный параметр нуждается в дополнении более тонким анализом постуральных характеристик и, как утверждают П. М. Гаже, Б. Вебер [19], значения площади статокинезиограммы могут быть нормальными, тогда как анализ функционирования системы показывает явные аномалии. В связи с тем, что группы различались не только по данным параметрам, можно предположить, что у больных ХИГМ и среднетяжелым СОАС имеется статистическая аномалия точности управления постуральными колебаниями.

Для оценки количества энергии, необходимой пациенту для поддержания вертикальной позы, использовался параметр LFS . Значение данного параметра у пациента сравнивается с его значением в норме, и если $LFS_{\text{пациента}}/LFS_{\text{норм}}$ больше единицы, это значит, что пройденный пациентом путь на единицу площади превосходит норму. Показатель LFS используется с целью определения энергетических затрат на поддержание тела в вертикальном положении: чем больше его значение, тем более выражены затраты энергии исследуемого для удержания равновесия [19]. Повышенный показатель LFS в сравнении с нормой свидетельствует о том, что исследуемые с ХИГМ используют менее выгодную с энергетической точки зрения стратегию поддержания равновесия вследствие нарушения неосознанного механизма — центральной регуляции баланса и необходимости подключения многокомпонентных компенсаторных схем поддержания постурального контроля.

Заключение. Исследование индивидуальных постурологических характеристик пациентов с ХИГМ 1–2-й степени выявило множественные нарушения в регуляции баланса тела в основной стойке. К особенностям баланса в основной стойке у данной категории пациентов можно отнести следующие: асимметрию основной стойки, смещение ЦД вперед, снижение компенсаторного отклонения ЦД кзади, большую энергоёмкость процесса поддержания вертикальной позы.

Синдром обструктивного апноэ сна и вызываемая им интермиттирующая ночная гипоксия усугубляет имеющиеся нарушения равновесия у данной категории больных, что отражается в достоверно большей скорости, максимальной амплитуде колебаний ЦД и площади статокинезиограммы.

Проведенное исследование подчеркивает необходимость объективной стабилметрической оценки равновесия у пациентов с ХИГМ, поскольку именно эта категория больных подвержена скрытым нарушениям постурального контроля, повышающим риск падений. Выявлено, что наличие СОАС дополнительно усугубляет постуральную неустойчивость, что обуславливает целесообразность скрининга дыхательных нарушений во сне у пациентов с ХИГМ для своевременного выявления факторов, увеличивающих вероятность падений и требующих целенаправленной коррекции.

Вклад авторов. Все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Конфликт интересов. Авторы подтверждают отсутствие конфликта интересов.

References (Список источников)

1. Vygovskaja SN, Nuvahova MB, Doroginina AJu, Rachin AP. Chronic cerebral ischemia — from correct diagnosis to adequate therapy. Russian Medical Journal. 2015; (12):694–8. (In Russ.) Выговская С.Н., Нувахова М.Б., Дорогинина А.Ю., Рачин А.П. Хроническая ишемия головного мозга — от правильной диагностики к адекватной терапии. РМЖ. 2015; (12):694–8.
2. Jastrebcova IP, Tomilova IK, Aleksahina EL, et al. Factors associated with postural balance disorders in patients with chronic brain ischemia. Doctor.Ru. 2018;9 (153):31–5. (In Russ.) Ястребцева И.П., Томилова И.К., Алексахина Е.Л. и др. Факторы, сопутствующие нарушениям постурального баланса у пациентов с хронической ишемией мозга. Доктор.Ру. 2018;9 (153):31–5. DOI:10.31550/1727-2378-2018-153-9-31-35
3. Levik YuS, Gurfinkel' VS. Motion control. Saint Petersburg: Piter, 2010; 287 p. (In Russ.) Левик Ю.С., Гурфинкель В.С. Управление движениями. СПб.: Питер, 2010; 287 с.
4. Pollock AS, Durward BR, Rowe PJ, Paul JP. What is balance? Clin Rehabil. 2000;14(4):402–6. DOI:10.1191/0269215500cr342oa
5. Skvortov DV. Stabilometry. Moscow: Maska, 2010; 171 p. (In Russ.) Скворцов Д.В. Стабилометрическое исследование. М.: Маска, 2010; 171 с.
6. Afanas'eva E.V. Clinical and diagnostic aspects of assessing the state of balance in the initial stages of dyscirculatory encephalopathy. PhD abstract. Irkutsk, 2004; 26 p. (In Russ.) Афанасьева Е.В. Клинико-диагностические аспекты оценки состояния равновесия при начальных стадиях дисциркуляторной энцефалопатии: автореф. дис. ... канд. мед. наук. Иркутск, 2004; 26 с.
7. Sidorovich EK, Likhachev SA, Chernenko NI. Atherosclerotic internal carotid arteries stenosis: Clinical manifestations and outcomes of chronic cerebral ischemia. Emergency Cardiology and Cardiovascular Risks. 2018;2(2):377–81. (In Russ.) Сидорович Э.К., Лихачев С.А., Черненко Н.И. Атеросклеротическое стенозирование внутренних сонных артерий: клинические проявления и исходы хронической ишемии головного мозга. Неотложная кардиология и кардиоваскулярные риски. 2018;2(2):377–81.
8. Kniazeva TA, Badtieva VA, Otto MP, et al. Statokinesitherapy in the patients presenting with coronary heart disease associated with arterial hypertension. Problems of Balneology, Physiotherapy and Exercise Therapy. 2013;90 (6):3–8. (In Russ.) Князева Т.А., Бадтиева В.А., Отто М.П. и др. Статокинезитерапия у больных ишемической болезнью сердца, ассоциированной с артериальной гипертензией. Вопросы курортологии, физиотерапии и лечебной физической культуры. 2013;90 (6):3–8.
9. Senaratna CV, Perret JL, Lodge CJ, et al. Prevalence of obstructive sleep apnea in the general population: A systematic review. Sleep Med Rev. 2017;34:70–81. DOI:10.1016/j.smrv.2016.07.002
10. Kubryak OV, Gorokhovskiy SS. Practical stabilometrics. Static motor and cognitive tests with the support resistance biofeedback. Moscow: Maska, 2012; 88 p. (In Russ.) Кубряк О.В.,

Гороховский С.С. Статические двигательные-когнитивные тесты с биологической обратной связью по опорной реакции. М.: Маска, 2012; 88 с.

11. Tarakanov AV, Chebotov SA, Tarakanov AA, Skokova VYu. The influence of visual control on stabilometric parameters depending on gender and age. Marine Medicine. 2019;5 (3):32–40. (In Russ.) Тараканов А.В., Чеботов С.А., Тараканов А.А., Скокова В.Ю. Влияние зрительного контроля на стабилметрические показатели в зависимости от возраста и пола. Морская медицина. 2019;5 (3):32–40. DOI:10.2232/8/2413-5747-2019-5-3-32-40
12. Khat'kova SE, Kostenko EV, Akulov MA, et al. Modern aspects of the pathophysiology of walking disorders and their rehabilitation in post-stroke patients. S.S. Korsakov Journal of Neurology and Psychiatry. 2019;119(12-2):43–50. (In Russ.) Хатькова С.Е., Костенко Е.В., Акулов М.А. и др. Современные аспекты патофизиологии нарушений ходьбы у пациентов после инсульта и особенности их реабилитации. Журнал неврологии и психиатрии им. С.С. Корсакова. Спецвып. 2019;119(12-2):43–50. DOI:10.17116/jnevro201911912243
13. Sadokha KA, Makarov AP, Makarova AN. Chronic cerebral ischemia: The current state of the problem. Medical News. 2024; (1):23–8. (In Russ.) Садохва К.А., Макаров А.П., Макарова А.Н. Хроническая ишемия мозга: современное состояние проблемы. Медицинские новости. 2024;(1):23–8.
14. Rezaeipour M, Apanasenko GL. Effects of overweight and obesity on postural stability of aging females. Middle East J Rehabil Health Stud. 2018;5(4):e81617. DOI:10.5812/mejrh.81617
15. Rudnev VA, Prokopenko SV, Afanas'eva EV. Physiological coordination reflex for closing eyes. In: Proceedings of the VII National Conference on Biomechanics. Nizhny Novgorod, 2004; p. 95–6. (In Russ.) Руднев В.А., Прокопенко С.В., Афанасьева Е.В. Физиологический координаторный рефлекс на зажимывание глаз. Сб. матер. VII Всерос. конф. по биомеханике. Н. Новгород, 2004; с. 95–6.
16. Malahov MV, Mel'nikov AA. Comparison of the balance function in standing and kneeling positions under different modes of pulmonary ventilation. Human Physiology. 2019;45(3):115–22. (In Russ.) Малахов М.В., Мельников А.А. Сравнение функции равновесия в положениях стоя и на коленях при различных режимах легочной вентиляции. Физиология человека. 2019;45(3):115–22. DOI:10.1134/S0131164619020061
17. Kruchinin PA. The study of human vibrations when standing still. Moscow: Publishing house of Moscow State University, 2014; 36 p. (In Russ.) Кручинин П.А. Исследование колебаний человека при спокойном стоянии. М.: Изд-во Моск. гос. ун-та, 2014; 38 с.
18. Gimazov RM, Bulatova GA. Biomechanical approach to the classification of stabilometric indicators. Uchenye zapiski universiteta imeni P.F. Lesgafta. 2014;12(118):51–7. (In Russ.) Гимазов Р.М., Булатова Г.А. Биомеханический подход к классификации стабилметрических показателей. Ученые записки университета им. П.Ф. Лесгафта. 2014;12(118):51–7.
19. Gazhe PM, Veber B. Posturology. Regulation and imbalance of the human body. Saint Petersburg: SPbMAPO, 2008; 316 p. (In Russ.) Гаже П.М., Вебер Б. Постурология. Регуляция и нарушения равновесия тела человека. СПб.: СПбМАПО, 2008; 316 с.

Статья поступила в редакцию 09.09.2024; одобрена после рецензирования 03.03.2025; принята к публикации 07.05.2025. The article was submitted 09.09.2024; approved after reviewing 03.03.2025; accepted for publication 07.05.2025.

Информация об авторах:

Анна Александровна Пунина — аспирант кафедры неврологии, физиотерапии и рефлексотерапии, apunina@mail.ru, ORCID 0009-0009-5233-2190; **Наталья Павловна Грибова** — заведующая кафедрой неврологии, физиотерапии и рефлексотерапии, профессор, доктор медицинских наук, nevrofpk@smolgu.ru, ORCID 0000-0002-2853-4501.

Information about the authors:

Anna A. Punina — Post-graduate Student of the Department of Neurology, Physiotherapy and Reflexology, apunina@mail.ru, ORCID 0009-0009-5233-2190; **Natalya P. Gribova** — Head of the Department of Neurology, Physiotherapy and Reflexology, Professor, DSc, nevrofpk@smolgu.ru, ORCID 0000-0002-2853-4501.